Transport Canada
Development

Transports Canada
Développement

TP 5728E

# Arctic Snowmobile Design Study

*Summary Report*

Prepared for

Transportation
Development Centre

JULY 1984

CA1
DTC 847
84
A67S
c.2

Canada

TP 5728E

# ARCTIC SNOWMOBILE DESIGN STUDY

Summary Report

Prepared for the:

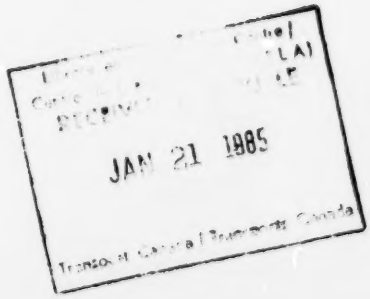
Transportation Development Centre

Transport Canada

By: Peter J. Poole, Ph.D.

For: Nunasi Corporation

July 1984



The contents of this report reflect the views of the contractor and not necessarily the official views or policies of the Transportation Development Centre of Transport Canada

Ce rapport est également disponsible en francais

## REPORT DOCUMENTATION FORM

| 1. Transport Canada Report No. | 2. TDC Project No. | 3. Recipient's Catalogue No |
|---|---|---|
| TP 5728E | 4894 | - |

| 4. Title and Subtitle | 5. Report Date |
|---|---|
| Arctic Snowmobile Design Study<br>Summary Report | July 1984 |
| | 6. Performing Organization Report No |
| 7. Author(s) | 8. Transport Canada File No |
| Peter J. Poole, Ph.D. | D1465-320-2 |
| 9. Performing Organization Name and Address<br>Nunasi Corporation<br>280 Albert Street<br>Ottawa, Ontario<br>K1P 5G8 | 10. DSS File No<br>T8200-2-2580 |
| | 11. DSS or Transport Canada Contract No<br>1SD82-00186 |
| 12. Sponsoring Agency Name and Address<br>Transportation Development Centre (TDC)<br>1000 Sherbrooke St. West<br>Suite 2421<br>Montréal, Québec H3A 2R3 | 13. Type of Report and Period Covered<br>Summary, March 83-July 84 |
| | 14. Sponsoring Agency Code<br>4894 |
| 15. Supplementary Notes<br>The final report has been published as TP 5498E. A French summary report is available as TP 5728F. | 16. TDC Project Officer<br>J.E. Laframboise |

17. Abstract

The report assesses the feasibility of producing an Arctic utility snowmobile which combines off-the-shelf components with others manufactured by small industry in northern communities. This snowmobile would be sold in kit form, either directly to the consumer or to local assembly operations.

The snowmobile incorporates innovative features to increase its utility in the Arctic; these include larger cargo area, towing capability for a one-ton komatik, and short-term flotation in case of ice breakthrough. A number of optional features are also available to cater to specific needs.

The report discusses a number of design possibilities and evaluates the cost of kit production. For a mid-sized vehicle this was found to be competitive with the cost of snowmobiles as currently sold in the north. Furthermore, it was also found that the manufacture of certain components would transfer 35% of production costs to the northern economy.

The report concludes that the concept is feasible and recommends proceeding to the prototype phase.

| 18. Key Words | 19. Distribution Statement |
|---|---|
| Snowmobile<br>Arctic<br>Utility<br>Transportation | Limited number of copies available from sponsoring agency. |

| 20. Security Classification (of this report) | 21. Security Classification (of this page) | 22. No. of Pages | 23. Price |
|---|---|---|---|
| unclassified | unclassified | 12 | - |

TDC CDT 79-005

## FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

| 1. N° du rapport Transports Canada | 2. N° de l'étude — CDT | 3. N° de catalogue du destinataire |
|---|---|---|
| TP 5728F | 4894 | - |

| 4. Titre et sous-titre | 5. Date du rapport |
|---|---|
| Arctic Snowmobile Design Study | Juillet 1984 |
| | 6. N° du rapport de l'organisme exécutant |

| 7. Auteur(s) | 8. N° de dossier Transports Canada |
|---|---|
| Peter J. Poole, Ph.D. | D1465-320-2 |

| 9. Nom et adresse de l'organisme exécutant | 10. N° de dossier — ASC |
|---|---|
| Nunasi Corporation<br>280 Albert Street<br>Ottawa, Ontario<br>K1P 5G8 | T8200-2-2580 |
| | 11. N° de contrat — ASC ou Transports Canada |
| | 1SD82-00186 |

| 12. Nom et adresse de l'organisme parrain | 13. Genre de rapport et période visée |
|---|---|
| Centre de développement des transports (CDT)<br>1000 o., rue Sherbrooke<br>Suite 2421<br>Montréal, Québec, H3A 2R3 | Sommaire<br>mars 83-juillet 84 |
| | 14. Code de l'organisme parrain |
| | 4894 |

| 15. Remarques additionnelles | 16. Agent de projet — CDT |
|---|---|
| Le rapport final a été publier en anglais sous le no. TP 5798E. Un rapport sommaire en français est disponible sous le no. TP 5728 F. | J.E. Laframboise |


17. Résumé

Ce rapport étudie la possibilité de production d'une motoneige utilitaire arctique qui combinerait des pièces disponibles sur le marché avec des composantes fabriquées selon des méthodes artisanales plutot qu'industrielles. Cette motoneige serait vendue soit en pièces détachées, soit après assemblage par un atelier dans le Nord.

Diverses innovations sont introduites dans ce concept, chacune ayant une destination utilitaire pour le Nord, soit: volume de bagage accru, possibilité de tirer un komatik d'une tonne et, en cas de rupture de la glace, temps de flottaison adéquat. La vente en pièces détachées permettrait les additions et substitutions d'options suivant les besoins de l'utilisateur.

Ce rapport illustre quelques variantes du concept et évalue le coût de la trousse de construction. Pour une motoneige moyenne, le côut se compare très favorablement à celui d'un modèle commercial, livré dans le Grand Nord. De plus, il serait possible de fabriquer les composantes spécifiques au modèle dans le Nord, d'ou transfert d'environ 35% du cout total vers l'économie autochtone.

Le rapport conclu à la faisabilité du concept et recommande la construction d'un prototype.


| 18. Mots-clés | 19. Diffusion |
|---|---|
| Motoneige<br>Transports<br>Arctique<br>Utilité | Nombre limité de copies disponible de l'organisme parrain |

| 20. Classification de sécurité (de ce rapport) | 21. Classification de sécurité (de cette page) | 22. Nombre de pages | 23. Prix |
|---|---|---|---|
| non-classifié | non-classifié | 12 | - |

ACKNOWLEDGEMENTS

The author gratefully acknowledges the advice and assistance of the hunters and trappers of Kangiqsualluujjuac, Northern Quebec, in particular Jean Guy St. Aubin and David Annanak, and the continuing support of Jacques E. Laframboise of the Transportation Development Centre.

PROJECT TEAM

The Project Team for Nunasi Corporation was:

P.J. Poole

G.A. Gowing

M.L. Smith

G. Belanger

R. Hallé

F. Gabbianelli

and others

# FOREWORD

The objective of this study is to assess the feasibility of producing a utility snowmobile suitable for use in northern Canada. The design should allow for eventual assembly and partial manufacture in the north and the machine should be marketable in either kit form or as a finished product.

Since snowmobiles were first introduced about thirty years ago, the evolution of design has been progressively dominated by the demand to increase recreational performance. While this has certainly yielded some incidental benefits for utility operation, such has not been the direct objective of design research and, as a result, those current models which are identified as utility machines are hardly dsitinguishable from their predecessors of the early 1960's.

Over the last decade, the world production of snowmobiles has declined from a peak of 500,000 units per year to a current low of about 100,000. At the same time, the number of snowmobiles manufacturers has declined from about 40 to 4, with two producers dominating the market. This reduction in manufacturing capacity has been matched by a constriction in the variety of model types and features offered to consumers. These trends undoubtedly reflect changes in fashions and preferences for winter recreation. They have led to a now precarious and uncertain snowmobile industry which cannot be depended upon to guarantee a supply of utility machines for the small, but constant, northern market.

This study addresses the problem in two complementary ways. Based upon the results of an earlier study of snowmobile usage in the Arctic, the prospects are examined for designing a strictly utility machine which combines off-the-shelf components with specially manufactured parts. The manufacturing process will be labour-intensive and geared to low volume output, rather than capital-intensive and geared to mass-production.

The manufacturing processes will also be selected according to their suitability for eventual transfer to appropriate northern communities. Thus, a successful outcome to this projects will yield benefits to northerners in two ways. First, a machine will be available which more directly meets the needs of northern users. Second, the manufacture and assembly of the snowmobile will contribute to northern economic development.

CONTENTS

1. INTRODUCTION: NORTHERN INPUT AND FIELD WORK . . . . 1

2. ADVANTAGES OF THE KIT APPROACH . . . . . 2

3. DESIGN OF THE BASIC MACHINE . . . . . 3

4. LOGISTICS OF PRODUCTION AND MARKETING . . . . . 10

5. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS . . . . . 12

## FIGURES

1. An ATC Kit from the Carl Heald Catalogue . . . . . 3
2. The Basic Frame . . . . . 5
3. An Exploded View of the Snowmobile . . . . . 7
4. Specifications for the Cuyuna ULII-02 Engine . . . . 9
5. An Artist's Impression of the Complete Snowmobile . 11

## TABLE

1. Preliminary Design Specifications . . . . . 4

## 1. INTRODUCTION: NORTHERN INPUT AND FIELD WORK

The objective of this investigation was to design a snowmobile suitable for use by hunters and trappers.

Throughout this study, progress was discussed with people and groups in the north who are involved either with snowmobiles or with economic development generally. As the study proceeded from an initial consideration of technical and design options to an examination of costs and means of production, it became progressively clearer that the mode of production of the machine would be as important in assessing overall feasibility as the actual engineering design. Whenever the design team considered a more complex or sophisticated feature than those found on conventional snowmobiles, it was evaluated not only in terms of its operational capacities but also as to whether it would be consistent with the objective of designing a machine which could eventually be partially manufactured in the north.

A field trip was made to northern Quebec for the purpose of directly examining the variety of snow/ice/terrain conditions confronting most Arctic snowmobile travellers. Taking part were: Jacques Laframboise, Transportation Development Centre, Peter Poole, Frank Gabianelli and George Gowing. In Kuujjuac (Fort Chimo), we discussed the project with Sammy Ekoomiak, Kativik Regional Government Hunters' Support Program. In Kangiqsualuujjuac (George River) we undertook a lengthy excursion by snowmobile through a wide variety of terrain conditions: deep soft forest snow, sheer ice surfaces, exposed and boulder-strewn hardpack snow and pressure ridges along the sea coast. This was followed by a community meeting attended by most of the hunters and trappers of the settlement. A three-hour discussion of the project from all its aspects led to the hunters proposing that the most suitable place to test an eventual prototype would be the landscape around Kangiqsualuujjuac, given the local access to such a wide range of conditions.

In addition, the project was discussed with representatives of the following organizations and government agencies: Northwest Territorial Government Ministry of Economic Development and Tourism (Jim Britton, Deputy-Minister), Northwest Territorial Government Department of Renewable Resources (Jim Bourque, Deputy-Minister), Arctic Cooperatives Ltd (Andrew Grossart, Chief Executive Officer), the Science Advisory Board of the Northwest Territories (Robert Bell, Executive Secretary), Baffin Region Inuit Association (Lucien Ukalianuk, President), Keewatin Inuit Association (Peter Ernerk, President), Makivik Corporation (Mark Gordon, Vice-President). All those informed of the project supported the effort.

## 2. ADVANTAGES OF THE KIT APPROACH

A kit approach to design, manufacturing and marketing makes for the following advantages, without precluding the possibility of marketing finished vehicles upon demand.

1. Buyers may pre-select the optional features best suited for local terrain and their operational needs.
2. Sub-assemblies may readily be replaced, thus prolonging the operational life of the basic machine.
3. By completing final assembly, the buyer reduces the cash outlay required for a new machine.
4. The kit/modular design improves the prospects for transfering certain manufacturing processes northwards.
5. User feedback on performance of specific components may readily be applied to improving those features.
6. Kit manufacture lends itself to direct marketing and so to reduced mark-ups and lower reatil prices.
7. Those preferring finished, and more elaborate machines, can be catered to with a suitable turn key production.

Both in Europe and North America, the car and aircraft kit industries are flourishing. They cater to small but readily accessible markets of informed and critical users who usually know what they want and are sufficiently competent to undertake the assembly of a kit and can thus manage without retailers and repair services.

The expansion of this industry has also been facilitated by technological advances which have improved the efficiency and precision of low volume production, and of prototype testing routines. Such low volume production has even made innovations which have later been adopted by large-scale manufacturers, for example in composite construction methodology or in aerofoil design.

The mode of production that has evolved in the kit car and aircraft industries is applicable to the snowmobile design process under examination. Typically, a kit will comprise sub-assemblies that can readily be put together to make a finished vehicle. Often, a manufacturer will provide two or three kits for a specific model, of varying levels of difficulty and, of course, cost. The more competent the buyer, the cheaper the kit.

Components for the kits arrive from two sources: off-the-shelf, where low volume manufacture is not viable; from jobbers with facilities for production of specially designed items. For contracted components, in-house manufacture may be an eventual possibility. Northern in-house manufacture is a declared objective for the Arctic utility snowmobile.

A company which could well serve as a working model for the snowmobile production process is Carl Heald Inc., manufacturers of kits for three-wheelers and small-scale agricultural equipment. Figure 1 illustrates the kind of advance information that is provided for consumers in the Carl Heald Catalogue - in this case, a three-wheeler that closely resembles those which have become so popular in Arctic Canada. Carl Heald does no in-house production. Components are supplied by 23 sub-contractors in the United States, or acquired off-the-shelf. At the company headquarters, labour is engaged in only two tasks: making up and shipping kits, designing new machines and components.

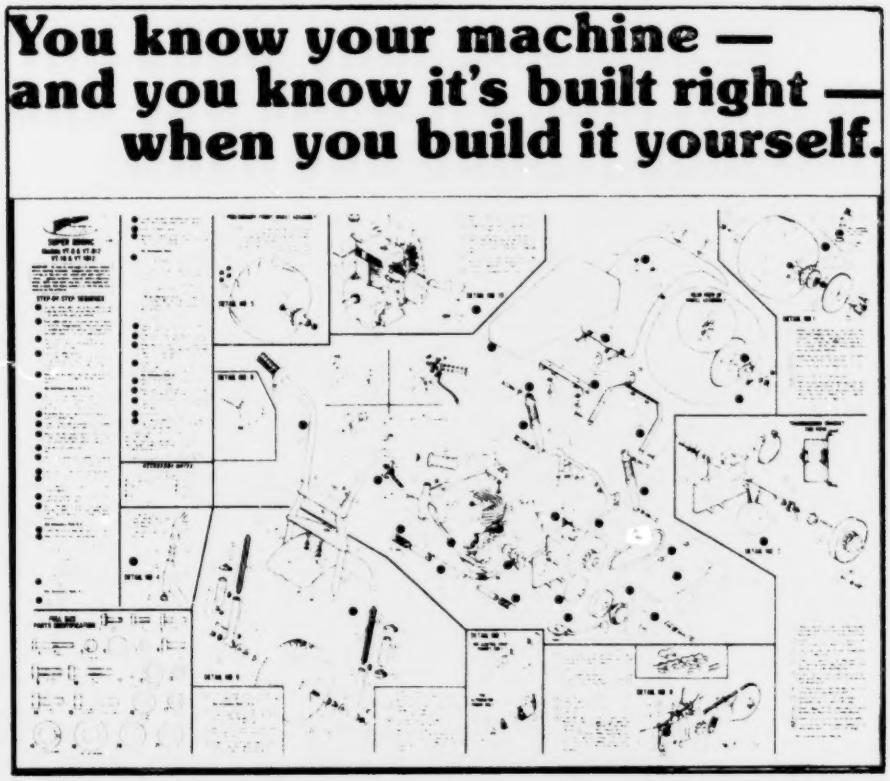



Figure 1: An ATC Kit from the Carl Heald Catalogue

Kit designers are subjected to certain limitations; the most frequent being the availibility of suitable off-the-shelf components such as engines, transmissions and integrated electronic assemblies. They also face th constraints imposed by low-volume production.

However, they also enjoy certain advantages over the mass producers of finished vehicles. Options, or new features, can be offered in the catalogue without a prior commitment to new tooling or contracts; an inexpensive form of test-marketing. Low-volume production runs can readily be adjusted to user feedback, especially where the process is labour rather than capital-intensive.

## 3. DESIGN OF THE BASIC MACHINE

| | |
|---|---|
| Vehicle Weight ..... | 175 kg dry (385 lb) |
| Komatik (Sled) weight ..... | 1000 kg (2200 lb) |
| Operator Noise ..... | 85 db (A) maximum |
| Fuel Economy (no load) .... | 10 l/100 km (27 mpg) |
| Cruising Speed ..... | 50 km/h (30 mph) |
| Top Speed ..... | 90 km/h (55 mph) |
| Buoyancy ..... | short-term floatation |
| Operating Temperature ..... | -50C to +15C (-60F to +60F) |
| Maximum Vehicle Cost ..... | $3500 (F.O.B. Montreal) |

Table 1: Preliminary Design Specifications

The snowmobile should be capable of pulling a heavier load than most current machines. It will be slower, but more economical. If it breaks through the ice, it will float for a limited period. A criterion not numerically expressed in the above table is a reduction in the causes of driver fatigue and discomfort. Cabin design and ducting will maximise noise suppression. The windshield will provide complete frontal and partial side protection. Both the seat and the steering column will be adjustable.

The first design problem to be addressed was the configuration and materials for the basic frame. With the emphasis upon labour-intensive production, the choice was limited to either moulded composites or welded tubular steel. While composites may be formed into more complex shapes, there was uncertainty over their performance under Arctic conditions, especially when repaired.

In the interests of simplicity and familiarity of construction, the welded steel frame illustrated in Figure 2 was adopted. the front element, containing the engine unit, will be bolted to the central element, supporting the track. A rear element can be added to extend cargo space.

This design provides for later design variation and improvement without altering the basic concept. A front element accomodating a more powerful engine could be mated to the same central frame. Similarly, a frame supporting a longer track could be mated to the basic front unit.

The jigs for producing such a chassis are simple and cheap, and this would expedite the future transfer of manufacturing northwards. In addition, such a frame could readily be repaired with the facilities and expertise already in place in many northern communities.

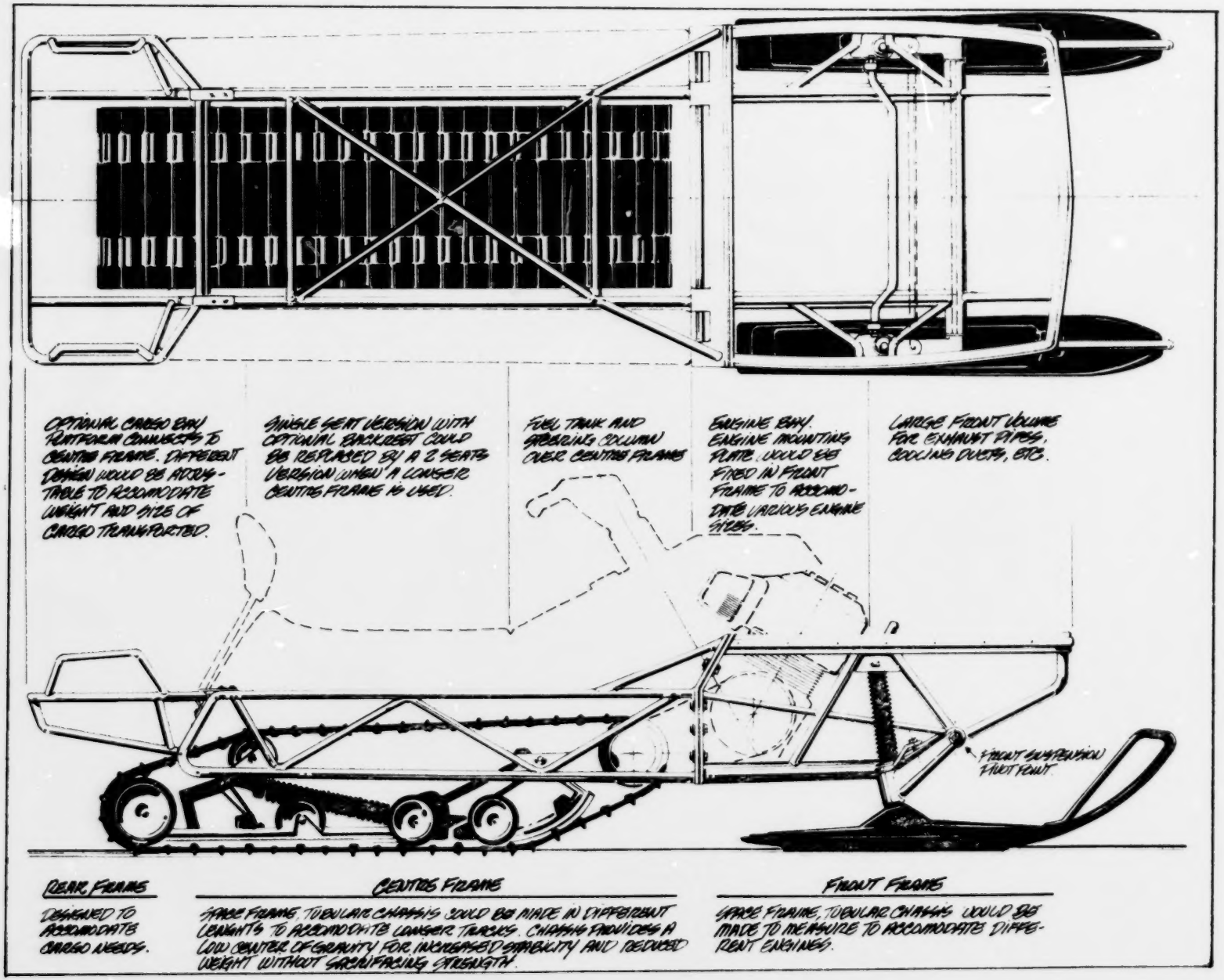

OPTIONAL CARGO BAY PLATFORM CONNECTS TO CENTRE FRAME. DIFFERENT LENGTHS WOULD BE ADAPTABLE TO ACCOMODATE WEIGHT AND SIZE OF CARGO TRANSPORTED.
SINGLE SEAT VERSION WITH OPTIONAL BACKREST COULD BE REPLACED BY A 2 SEATS VERSION WHEN A LONGER CENTRE FRAME IS USED.
FUEL TANK AND STEERING COLUMN OVER CENTRE FRAME
ENGINE BAY. ENGINE MOUNTING PLATE WOULD BE FIXED IN FRONT FRAME TO ACCOMODATE VARIOUS ENGINE SIZES.
LARGE FRONT VOLUME FOR EXHAUST PIPES, COOLING DUCTS, ETC.
FRONT SUSPENSION A-ARM FRONT
REAR FRAME
DESIGNED TO ACCOMODATE CARGO NEEDS.
CENTRE FRAME
SPACE FRAME TUBULAR CHASSIS COULD BE MADE IN DIFFERENT LENGHTS TO ACCOMODATE LONGER TRACKS. CHASSIS PROVIDES A LOW CENTER OF GRAVITY FOR INCREASED STABILITY AND REDUCED WEIGHT WITHOUT SACRIFICING STRENGTH.
FRONT FRAME
SPACE FRAME TUBULAR CHASSIS COULD BE MADE TO MEASURE TO ACCOMODATE DIFFERENT ENGINES.

Figure 2: The Basic Frame

Figure 3 provides an impression of the form in which a snowmobile kit may eventually be delivered to a customer. It is conceivable however some assemblies, such as the track or the hood/windshield/console, may be separated into smaller units than illustrated here.

Since the steel frame will provide the basic structure and strength, most of the body components may be manufactured from composite materials and bolted in place. The design and materials for bodywork will be to some extent influenced by the provision for limited floatation. This will be achieved by combining the maximum amount of inherent buoyancy with the closing of the bodywork wherever feasible. The design team decided against installing completely watertight seals on the ground that these would be unlikely to survive Arctic operating conditions.

Serious consideration was given to using twin tracks, for improved riding characteristics and reduced power loss. However, in the interests of simplicity, it was decided to proceed with a conventional single track and defer trials with twin tracks until later.

A further design option was a two-speed gear-box downstream from the conventional variomatic transmission. The low gear would be used for pulling the heaviest loads; the high for cruising without a komatik. This prospect was also deferred for later experimentation.

Consideration was also given to providing a set of low-pressure wheels as an alternative to skis. On hardpack snow, this would improve operating efficiency but, over even the shortest stretch of soft, deep snow, this advantage would be reversed. Work on the wheel alternative was also deferred.

The steering and skis would resemble the conventional snowmobile configuration, with one significant departure. The illustration in Figures 1 and 2 shows a trailing link type of suspension, similar in operation to a Macpherson strut suspension. It was felt that this would provide a more robust response to Arctic terrain conditions that the usual type - which is designed to react to smooth, groomed trails.

The decisions to defer experiment on twin-tracks, low-pressure wheels and a gearbox were made on the basis that the principle objective of the project is to establish that a basic utility machine can be constructed using labour-intensive and readily available technology. The successful demonstration of this process could lead at a later date to more sophisticated design features; too much ambition at this early stage could jeopardise the success of the principle effort. Moreover, operational experience would provide the best basis for future design development.

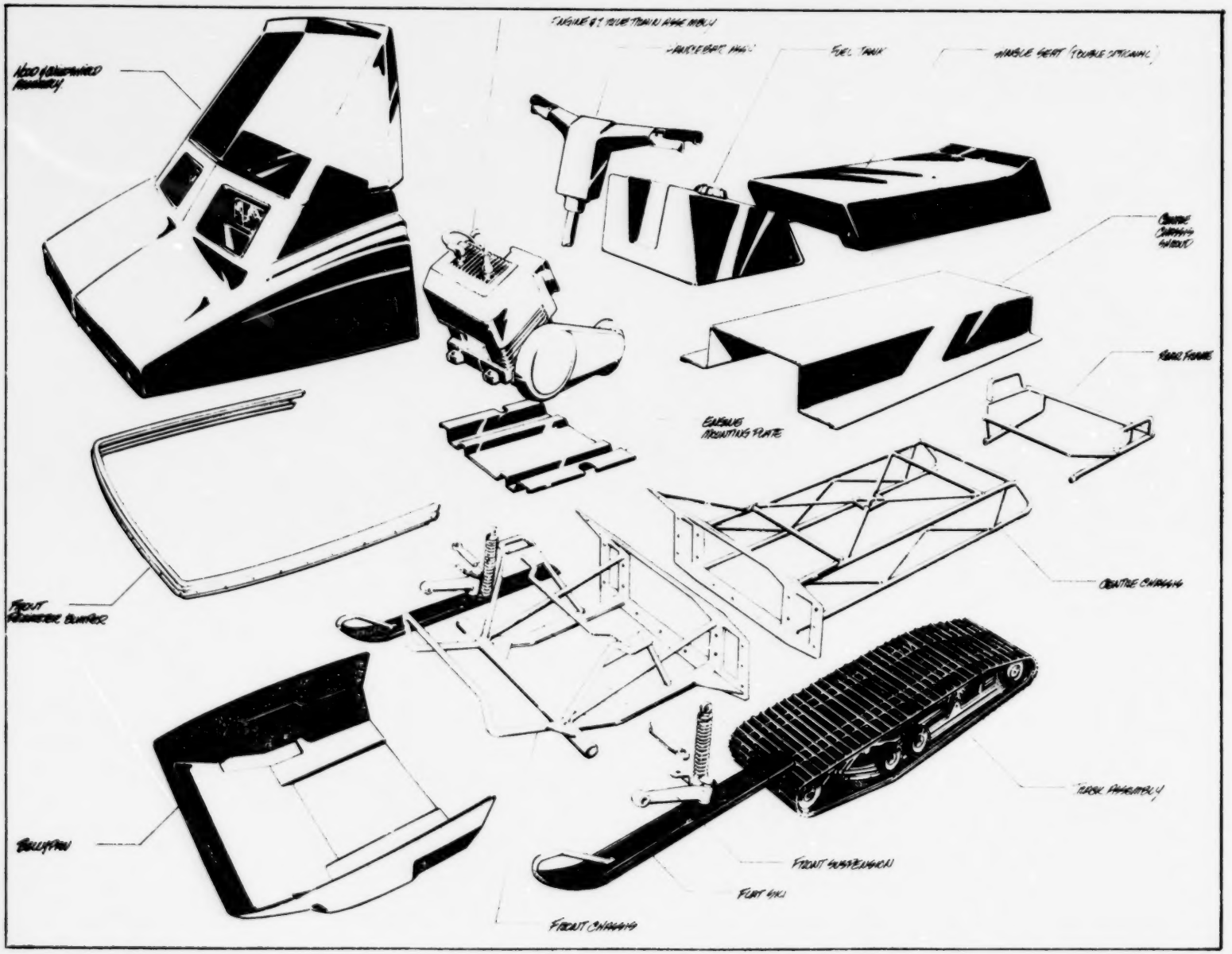


Figure 3: An Exploded View of the Snowmobile

Before researching engine sources, consideration was given to general specifications, both for two-stroke and four-stroke types. Though four-strokes are more economical, more durable and more quiet, two-strokes have a better power to weight ratio and are easier to start in cold weather. Cold weather starting is perhaps the most serious obstacle to using four-stroke engines.

Eventually, the team opted for a two-stroke engine, of about 400 cc, delivering about 35 HP at around 6,000 RPM. Eight candidate engines were considered. Two, Hirth and Skidaddle, are no longer used in snowmobiles and would be too expensive to purchase and adapt. Three Japanese engines, Yamaha, Fuji and Suzuki, and already used in other makes of snowmobile and we could not confirm a secure supply. Kawasaki, also used in John Deere (now purchased by Polaris), would be available now, but future supplies could not be guarranteed. Bombardier have a policy of not providing Rotax (Austrian) engines for other snowmobile manufacturers in North America. The remaining engine, Cuyuna, is manufactured in the United States.

A visit to the Cuyuna Engine Company led to their offering a complete engine package at a very reasonable cost: US$560 for quantities over 1,000. The package would include: recoil starter, CDI ignition, intake manifold, carburetor, fuel pump, exhaust system and fan-cooling. Oil would be pre-mixed, not injected; the preference of the design team.

Figure 4 gives the specifications for the most suitable Cuyuna engine, the ULII-02. This unit is an improved version of the engine once used in Scorpion snowmobiles. The basic configuration has remained and the unit can be easily installed in the frame shown above. Engine development has included a flattening of the torque curve; this would improve the pulling performance of the snowmobile throughout its range. It is de-tuned from the original 440 status, improving durability and economy.

Cuyuna also produce a 25 HP single cylinder engine and a lighter, 43 HP, version of the ULII-02; the latter designed for high performance in ultralight aircraft. Thus, there is future scope for providing more economical or more powerful versions of the snowmobile. Cuyuna engines power about half of all the ultralight aircraft currently in production: it was felt that this company provided the most secure source amongst all those considered.

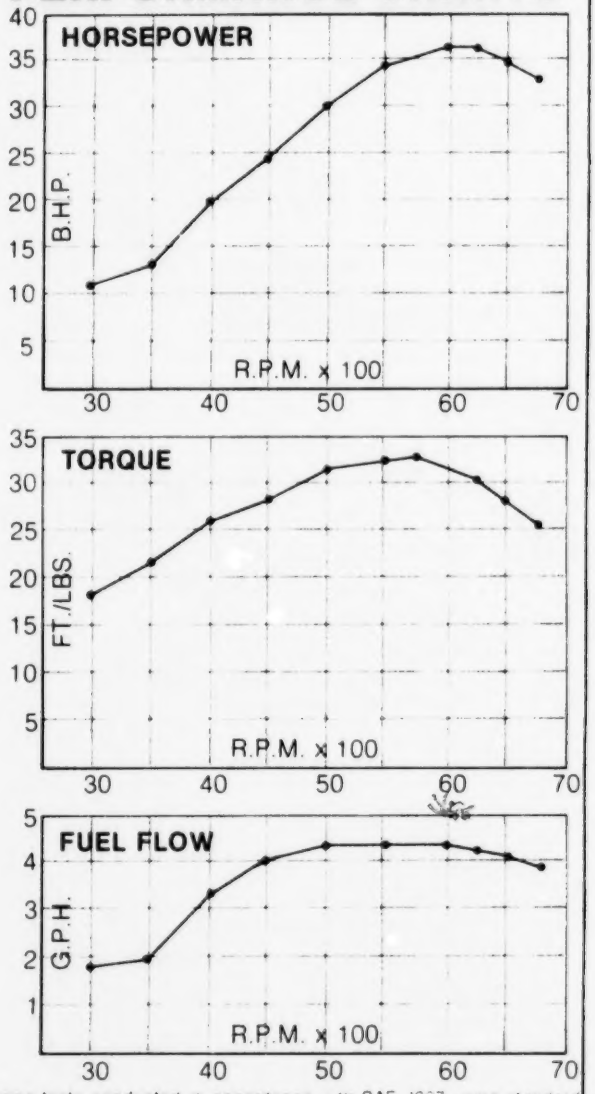
However, we did not wish to altogether exclude the possibility of using a four-stroke engine, as a kit option. At present, there is a strong R&D surge in such engines for ultralight aircraft, from which the snowmobile design might ultimately benefit. Therefore, it was decided to include a four-stroke engine in the prototype trials, in order to see how it would perform and to experiment with various methods for cold weather starting.

## SPECIFICATIONS
### (STANDARD PRODUCTION ENGINE)

| | |
|---|---|
| **Model** | ULII-02 |
| **Number of Cylinders** | 2 |
| **Bore** | 2.658" |
| **Stroke** | 2.362" |
| **Displacement** | 428cc |
| **Compression Ratio** | 12.5:1 |
| **Brake HP/rpm** | 35 HP<br>6250 RPM |
| **Base Mounting Hole Thread** | 7/16" - 14 UNC |
| **Cylinder** | Aluminum with Cast Iron Sleeve |
| **Connecting Rod Bearing Upper** | Needle |
| **Connecting Rod Bearing Lower** | Needle |
| **Connecting Rod Material** | Forged Steel |
| **Main Bearings** | Heavy Duty Ball Bearings, Dual Row Bearing, PTO End |
| **Number of Main Bearings** | 4 |
| **Ignition** | Capacitor Discharge (CDI) |
| **Lighting Coil** | 12 Volt, 150 Watt AC Output |
| **Ignition Setting Before TDC** | 18 Degrees .070"-.078" |
| **Spark Plug Thread** | 14 x 1.25mm.<br>3/4" Reach |
| **Gap** | .016" to .020" |
| **Type** | Champion N3C or NGK BR8ES |
| **Cooling** | Axial Flow Fan |
| **Rotation** | Counter-Clockwise Viewed From PTO End |
| **Fuel-Oil Mixture** | 40:1 (1 pt. to 5 gal.) |
| **Lubrication** | Regular Grade Gasoline & CUYUNA 2 Cycle Engine Oil |
| **Starter** | Rewind Type, Standard |
| **Weight** | 58 lbs. |

*SPECIFICATIONS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE.*

## PERFORMANCE CHARTS




Engine tests conducted in accordance with SAE J607 using standard Cuyuna exhaust and carburetion. Graphs indicate a composite of part and full throttle operation and are used for illustrative purposes.

## ACCESSORIES

Cuyuna oil
Electric start (R Model-Twin)
Reverse flow fan
Carburetion and exhaust system
Regulator
Regulator/Rectifier

Figure 4: Specifications for the Cuyuna ULII-02 Engine

## 4. LOGISTICS OF PRODUCTION AND MARKETING

Figure 5 provides one impression of how the eventual machine may appear. It is inserted here because it is based upon the design illustrated in Figures 2 and 3. In the course of the project, other body styles were developed, illustrated, and used in consultations with northern users. The endpiece to this report shows a quite different approach to body styling. The question of styling will only be addressed once functional prototype trials have been completed.

An estimate of production costs yielded a total of $3,000, for a finished vehicle, assuming a production run of a 1,000 units. A kit would cost an estimated $2,700. It was also estimated that total labour costs for manufacture and assembly would reach about $800, 26% of the cost of a completed machine. All of these labour costs could eventually be transferred to a northern community with basic shop facilities.

The costs of transport northwards would add a considerable margin to the final price, especially when units are air-freighted rather than shipped by sea-lift. A northern production operation would require considerable advance capital in order to benefit from the reduced costs of sea-lift. In examining prospective northern production sites, careful attention must be directed towards assessing the impact of freight costs.

For snowmobile kits, or finished vehicles, a direct marketing approach is proposed, similar to that used by most kit manufacturers. In the northern community context, existing information centres and channels would be ideal for advertising the machine and for providing a means of ordering units.

For the provision of spares, existing retail outlets will be used for those who do not order parts by mail. This possibility has been discussed with the Chief Executive Officer of Arctic Cooperatives Ltd., which serves NWT communities. A second alternative would be to market spares through those local Hunters' and Trappers' Associations which operate snowmobile repair shops.

Further investigations into future production and marketing scenarios will proceed from successful prototype trials. The process of northwards transfer of manufacturing capability will be effected in a sequence commencing with the careful selection of the optimum site, establishing production routines in the south, training future workers and the gradual transfer of production tooling once competence and viability have been established.

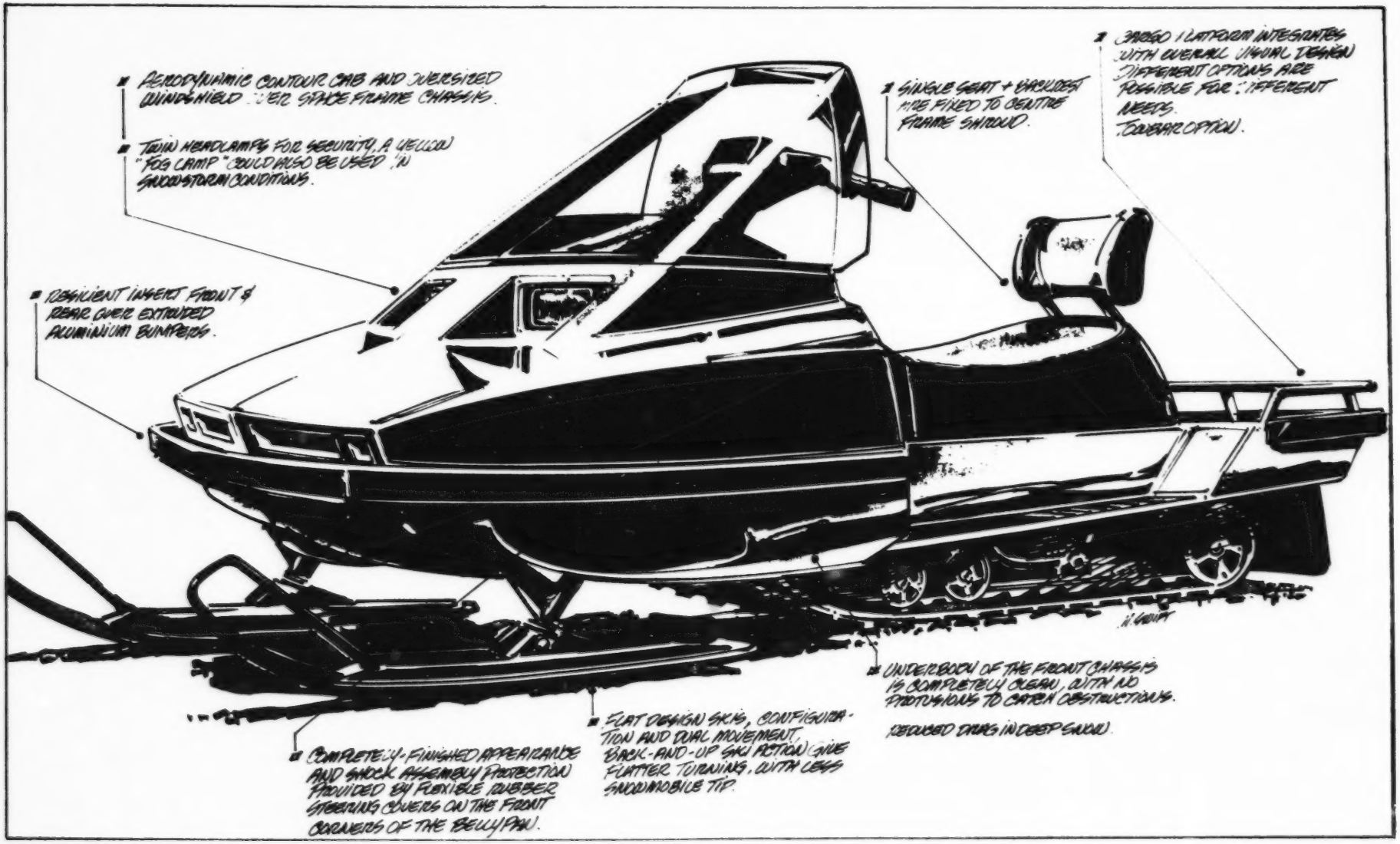

AERODYNAMIC CONTOUR CAB AND OVERSIZED WINDSHIELD OVER SPACE FRAME CHASSIS.
TWIN HEADLAMPS FOR SECURITY. A YELLOW "FOG LAMP" COULD ALSO BE USED IN SNOWSTORM CONDITIONS.
RESILIENT INSERT FRONT & REAR OVER EXTRUDED ALUMINIUM BUMPERS.
SINGLE SEAT + BACKREST ARE FIXED TO CENTRE FRAME SHROUD.
CARGO / LATFORM INTEGRATES WITH OVERALL ORIGINAL DESIGN. DIFFERENT OPTIONS ARE POSSIBLE FOR DIFFERENT NEEDS. TOOLBAR OPTION.
UNDERBODY OF THE FRONT CHASSIS IS COMPLETELY CLEAN, WITH NO PROTUSIONS TO CATCH OBSTRUCTIONS.
RECESSED DRAG IN DEEP SNOW.
FLAT DESIGN SKIS, CONFIGURATION AND DUAL MOVEMENT, BACK-AND-UP SKI ACTION GIVE FLATTER TURNING, WITH LESS SNOWMOBILE TIP.
COMPLETELY FINISHED APPEARANCE AND SHOCK ASSEMBLY PROTECTION PROVIDED BY FLEXIBLE RUBBER STEERING COVERS ON THE FRONT CORNERS OF THE BELLY PAN.

Figure 5: An Artist's Impression of the Complete Snowmobile

## 5. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

### Conclusions

That a utility snowmobile suitable for Arctic operation could be produced from a combination of off-the-shelf and sub-contracted components at a cost competitive with those machines currently identified as working snowmobiles.

That a substantial proportion of those components supplied by sub-contractors to specification could eventually be manufactured in suitable northern locations using local skills and relatively low level production technology.

The transfer of manufacturing capacity northwards would not necessarily result in lower prices to the consumer but it would bring considerable benefits to northern community economies as a whole, both by providing employment and by retaining a higher proportion of expenditures within the local economy.

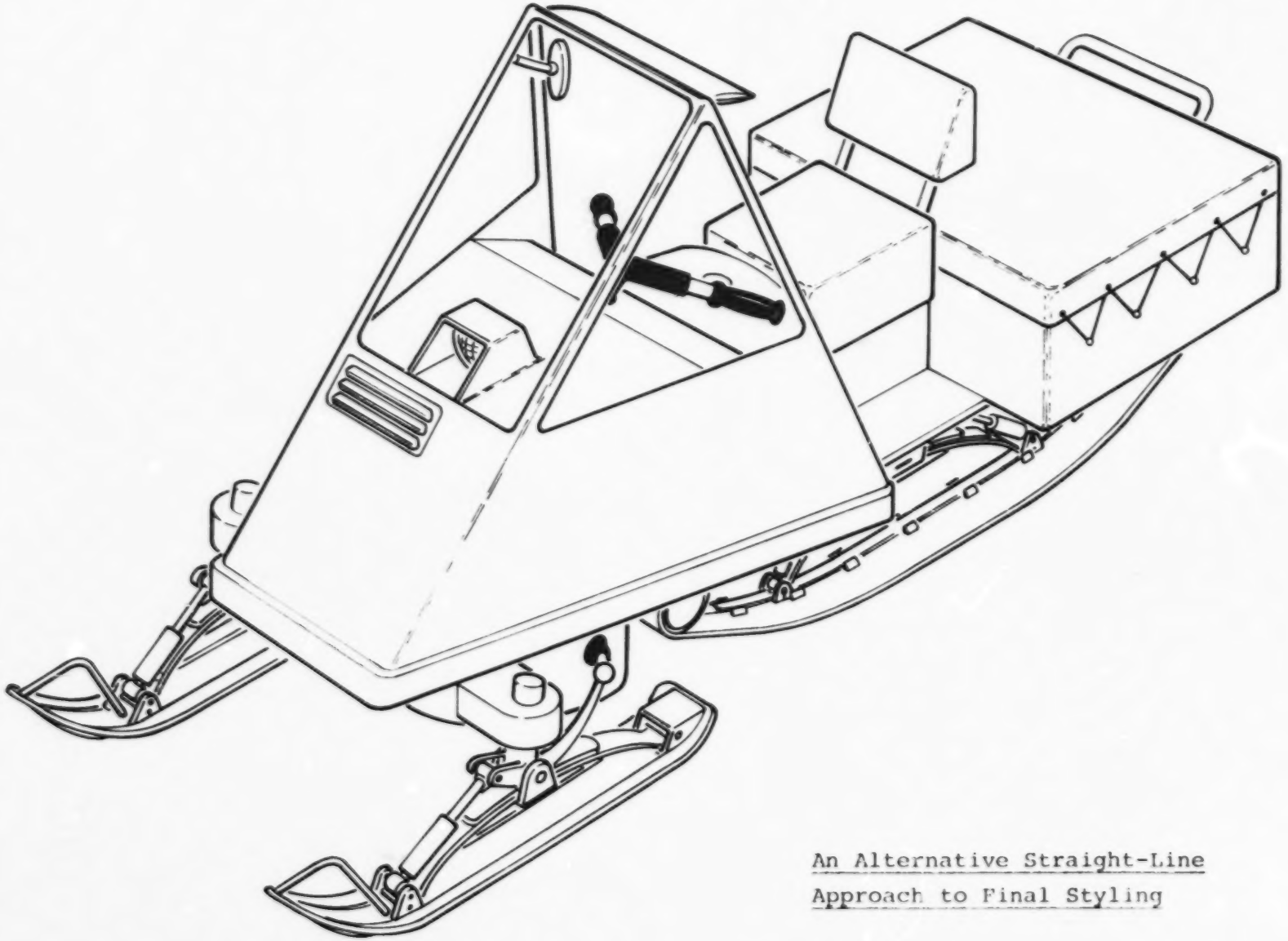
That by designing for labour-intensive production, rather than mechanized mass production, provision is made for continued refinement and evolution of the basic vehicle without incurring excessive capital costs in support of each development.

That, in continuing with this unconventional approach to snowmobile manufacture, it is more important, initially, to establish the validity of this labour-intensive process than it would be to introduce radical technical changes. Experiment with such innovations should follow, and be contingent upon the successful establishment of this mode of production.

### Recommendations

The the development should proceed to the next stage: the construction and testing of two prototype machines according to the specifications contained and illustrated in this report. These prototypes would include several departures from conventional snowmobile design: floatation capability, tubular steel space frame, trailing link front suspension and a four-stroke engine as an option to a two-stroke.

That northern field trials take place in the community of Kangiqsualluujjuac, Northern Quebec, following upon the invitation extended by the hunters of that settlement.



An Alternative Straight-Line
Approach to Final Styling

Transports Canada
Transport Canada
Développement
Development

TP 5728F

# Motoneige arctique: avant-projet

*Rapport sommaire*

Préparé pour le

Centre de développement des transports

JUILLET 1984

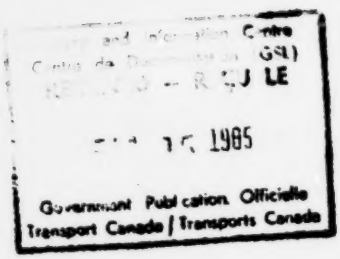
CA1
DTC 847
84
A67SZ
c.2

Canada

TP 5728F

# MOTONEIGE ARCTIQUE: AVANT-PROJET

## RAPPORT SOMMAIRE




Préparé pour le

Centre de développement des transports

Par: Peter J. Poole, Ph.D.
Nunasi Corporation

Juillet 1984

Les opinions sont celles du contractant et ne correspondent pas nécessairement aux opinions ou aux vues du Centre de développement des transports, Transports Canada.

Also available in English under the title: "Arctic Snowmobile Design Study", TP 5728E.

## ÉQUIPE D'ÉTUDE

L'équipe d'étude mise sur pied par la Nunasi Corporation était formée, entre autres, de MM.:

P.J. Poole
G.A. Gowing
M.L. Smith
G. Bélanger
R. Hallé
F. Gabbianelli

REMERCIEMENTS

L'auteur désire remercier les chasseurs et les trappeurs de Kangiqsualluujjuac, Nouveau-Québec, et en particulier MM. Jean-Guy St-Aubin et David Annanak, pour l'assistance et les conseils qu'ils lui ont prodigués tout au long de cette étude, ainsi que M. Jacques E. Laframboise, du Centre de développement des transports, pour son aimable collaboration.

## Sommaire en Inuktituk


ᓄᓇᓕᖏᑎᑦᑎᓂᐅᓪᓗᒍ ᐃᓄᒃᑎᑐᑎᒍᑦ ᓂᕈᐊᓕᕆᓂᖅ ᐊᑐᐃᓐᓇᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄ ᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐊᑐᖅᑐᑦ ᐃᓄ ᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐁ ᐃᑦ ᐃᓄ ᐁ ᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐁ ᐃᑦ ᐁ ᐃᑦ ᓄᓇᕗᑦ ᐁ ᐃᑦ ᐁ ᐃᑦ ᓄᓇ

## FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

| 1. N° du rapport Transports Canada | 2. N° de l'étude — CDT | 3. N° de catalogue du destinataire |
|---|---|---|
| TP 5728F | 4894 | |

| 4. Titre et sous-titre | 5. Date du rapport |
|---|---|
| Motoneige arctique: avant projet | Juillet 1984 |
| | 6. N° du rapport de l'organisme exécutant |

| 7. Auteur(s) | 8. N° de dossier Transports Canada |
|---|---|
| Peter J. Poole, Ph.D. | D-1465-320-2 |

| 9. Nom et adresse de l'organisme exécutant | 10. N° de dossier — ASC |
|---|---|
| Nunasi Corporation<br>280 Albert Street<br>Ottawa, Ontario<br>K1P 5G8 | T8200-2-2580 |
| | 11. N° de contrat — ASC ou Transports Canada<br>1SD82-00186 |

| 12. Nom et adresse de l'organisme parrain | 13. Genre de rapport et période visée |
|---|---|
| Centre de développement des transports (CDT)<br>1000 o., rue Sherbrooke<br>Suite 2421<br>Montréal, Québec H3A 2R3 | Sommaire<br>mars 83 - juillet 84 |
| | 14. Code de l'organisme parrain<br>4894 |

| 15. Remarques additionnelles | 16. Agent de projet — CDT |
|---|---|
| Le rapport final a été publié en anglais sous le no. TP 5498E. | J.E. Laframboise |

17. Résumé

Ce rapport étudie la possibilité de production d'une motoneige utilitaire arctique qui combinerait des pièces disponibles sur le marché avec des composantes fabriquées selon des méthodes artisanales plutôt qu'industrielles. Cette motoneige serait vendue soit en pièces détachées, soit après assemblage par un atelier dans le Nord.

Diverses innovations sont introduites dans ce concept, chacune ayant une destination utilitaire pour le Nord, soit: volume de bagage accru, possibilité de tirer un komatik d'une tonne et, en cas de rupture de la glace, temps de flottaison adéquat. La vente en pièces détachées permettrait les additions et substitutions d'options suivant les besoins de l'utilisateur.

Ce rapport illustre quelques variantes du concept et évalue le coût du kit de construction. Pour une motoneige moyenne, le coût se compare très favorablement à celui d'un modèle commercial, livré dans le Grand Nord. De plus, il serait possible de fabriquer dans le Nord les composantes spécifiques au modèle, d'où transfert d'environ 35% du coût total vers l'économie autochtone.

Le rapport conclut à la faisabilité du concept et recommande la construction d'un prototype.

| 18. Mots-clés | 19. Diffusion |
|---|---|
| Motoneige. Transports. Arctique. Utilité | L'organisme parrain dispose d'un nombre limité de copies |

| 20. Classification de sécurité (de ce rapport) | 21. Classification de sécurité (de cette page) | 22. Nombre de pages | 23. Prix |
|---|---|---|---|
| non-classifié | non-classifiée | 30 | - |

CDT TDC 79-005

## REPORT DOCUMENTATION FORM

| 1. Transport Canada Report No. | 2. TDC Project No | 3. Recipient's Catalogue No |
|---|---|---|
| TP 5728F | 4894 | |

| 4. Title and Subtitle | 5. Report Date |
|---|---|
| Arctic Snowmobile Design Study | July 1984 |
| | 6. Performing Organization Report No |

| 7. Author(s) | 8. Transport Canada File No |
|---|---|
| Peter J. Poole, Ph.D. | D-1465-320-2 |

| 9. Performing Organization Name and Address | 10. DSS File No |
|---|---|
| Nunasi Corporation<br>280 Albert Street<br>Ottawa, Ontario<br>K1P 5G8 | T8200-2-2580 |
| | 11. DSS or Transport Canada Contract No<br>1SD82-00186 |

| 12. Sponsoring Agency Name and Address | 13. Type of Report and Period Covered |
|---|---|
| Transportation Development Centre (TDC)<br>1000 Sherbrooke Street West<br>Suite 2421<br>Montreal, Quebec H3A 2R3 | Summary<br>March 83 - July 84 |
| | 14. Sponsoring Agency Code<br>4894 |

| 15. Supplementary Notes | 16. TDC Project Officer |
|---|---|
| The final report has been published as TP 5498E. | J.E. Laframboise |

17. Abstract

The report assesses the feasibility of producing an Arctic utility snowmobile which combines off-the-shelf components with others manufactured by small industry in northern communities. This snowmobile would be sold in kit form, either directly to the consumer or to local assembly operations.

The snowmobile incorporates innovative features to increase its utility in the Arctic; these include larger cargo area, towing capability for a one-ton komatik, and short-term flotation in case of ice breakthrough. A number of optional features are also available to cater to specific needs.

The report discusses a number of design possibilities and evaluates the cost of kit production. For a mid-sized vehicle this was found to be competitive with the cost of snowmobiles as currently sold in the north. Furthermore, it was also found that the manufacture of certain components would transfer 35% of production costs to the northern economy.

The report concludes that the concept is feasible and recommends proceeding to the prototype phase.

| 18. Key Words | 19. Distribution Statement |
|---|---|
| Snowmobile. Arctic. Utility. Transportation | Limited number of copies available from sponsoring agency. |

| 20. Security Classification (of this report) | 21. Security Classification (of this page) | 22. No. of Pages | 23. Price |
|---|---|---|---|
| unclassified | unclassified | 30 | - |

TDC/CDT 79-005

## AVANT-PROPOS

Cette étude visait à évaluer la possibilité de produire une motoneige utilitaire adaptée au Grand Nord canadien, dans l'idée qu'elle serait un jour fabriquée en grande partie, et assemblée, dans le Nord, l'engin devant être mis sur le marché sous forme de kit ou sous forme de produit fini.

Depuis l'apparition des premières motoneiges, il y a une trentaine d'années, leur forme a évolué progressivement pour répondre à la demande de ceux qui voulaient en faire surtout un véhicule de loisir. Celui-ci a pu parfois être utilisé pour le travail, mais il n'avait certainement pas été conçu à cette fin, de sorte que, dans les années 60, les véhicules dits utilitaires ne se distinguaient guère des autres.

Au cours de la dernière décennie, la production mondiale de motoneiges est tombée d'un niveau record de 500 000 unités par an, à environ 100 000, actuellement. En même temps, le nombre de fabricants a décru de quelque 40 à 4, dont deux seulement continuent à dominer le marché. Ce rétrécissement considérable du marché s'est accompagné d'une réduction dans la gamme des modèles offerts et des équipements proposés, phénomène qui reflétait sans doute les changements s'opérant dans les modes et les goûts en matière de divertissement hivernal. Quoi qu'il en soit, la conjoncture est maintenant telle que l'industrie de la motoneige, incertaine de son avenir même, ne peut plus être considérée comme une source fiable d'approvisionnement en engins utilitaires pour le marché restreint, mais constant, des régions nordiques.

La démarche adoptée pour cette étude s'est faite en deux temps. D'abord l'examen des résultats auxquels était parvenue l'étude antérieure sur l'emploi de motoneiges dans les régions arctiques, puis la faisabilité d'un concept de motoneige utilitaire fabriquée avec des pièces et des organes se trouvant sur le marché ou réalisés en fabrication petite série. Quant au procédé de fabrication, il serait axé non pas sur une mécanisation visant les grandes séries, mais plutôt sur la main-d'oeuvre traditionnelle en fabrication petite série.

Ce procédé serait déterminé aussi par son aptitude à se prêter à un transfert de la fabrication du sud vers le nord, de manière à apporter aux populations autochtones un double bénéfice: la réalisation d'un engin répondant mieux aux besoins particuliers des utilisateurs dans ces régions et l'assurance de retombées intéressantes pour l'économie de ces communautés.

x

TABLE DES MATIÈRES


| | | |
|---|---|---|
| 1. | INTRODUCTION: RECHERCHE SUR LE TERRAIN | 1 |
| 2. | AVANTAGES DE LA PRÉFABRICATION | 3 |
| 3. | ÉTUDE DE BASE | 6 |
| 4. | FABRICATION ET MISE EN MARCHÉ | 13 |
| 5. | CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS | 17 |


LISTE DES FIGURES ET TABLEAU


| | | |
|---|---|---|
| Figure 1 | Exemple de kit: une des pages du catalogue Carl Heald | 5 |
| Figure 2 | L'élément de base: le châssis | 7 |
| Figure 3 | Vue éclatée de la motoneige | 9 |
| Figure 4 | Fiche technique du moteur Cuyuna ULII-02 | 12 |
| Figure 5 | Rendu artistique de la motoneige | 14 |
| Figure 6 | Carrosserie de forme radicalement différente | 16 |
| Tableau 1 | Spécifications préliminaires du moteur | 6 |

## 1. INTRODUCTION: RECHERCHE SUR LE TERRAIN

L'objectif visé par cette recherche consistait à étudier une motoneige utile aux chasseurs et aux trappeurs du Grand Nord.

Tout au long de cette étude, le dialogue est resté ouvert entre, d'une part, les projeteurs et, d'autre part, les groupes et les particuliers intéressés au développement économique des régions arctiques, en général, et à la motoneige, en particulier. À mesure que l'étude avançait et passait du stade du choix des solutions possibles à celui du devis estimatif et du mode de fabrication, il devenait de plus en plus évident que la question du mode de fabrication s'imposerait tout autant que la question purement technique de la conception; à telle enseigne, que le choix d'un détail ou d'une solution était chaque fois évalué non seulement sur le plan technique, mais aussi quant à sa conformité avec l'objectif primordial, c'est-à-dire la réalisation d'un engin dont la fabrication pourrait être prise en charge en partie par les populations autochtones.

Pour reconnaître et examiner de visu les différentes sortes de neige, glaces et pistes sur lesquelles une motoneige aurait à circuler, une équipe de recherche s'est rendue au Nouveau-Québec. Cette équipe se composait de M. Jacques Laframboise du Centre de développement des transports et de MM. Peter Poole, Frank Gabianelli et George Gowing. À Kuujjuac (Fort-Chimo), ces personnes ont rencontré Sammy Ekoomiak, responsable du programme de soutien aux chasseurs, mis sur pied par le gouvernement régional kativik. À Kangiqsualuujjuac (George River), elles ont fait une longue excursion en motoneige, circulant successivement sur neige molle et profonde en forêt, sur surfaces glacées et glissantes, sur neige durcie parsemée de galets ou non et le long du littoral, sur crêtes de pression. Ensuite, il y a eu une réunion générale, à laquelle ont participé la plupart des chasseurs et trappeurs de la communauté. Après trois heures de discussion ouverte sur le projet dans son ensemble, les chasseurs ont proposé que les essais de prototype se fassent dans leur région caractérisée par une si grande variété de terrains et de conditions d'enneigement.

Enfin, des rencontres ont eu lieu avec les représentants des associations et des organismes suivants: Ministry of Economic Development and Tourism, NWTG (le sous-ministre Jim Britton) - Department of Renewable Resources, NWTG

(le sous-ministre Jim Bourque) - Arctic Cooperatives Ltd. (le directeur général Andrew Grossart) - Science Advisory Board of The Northwest Territories (le secrétaire exécutif Robert Bell) - l'Association des Inuit de la région de Baffin (le président Lucien Ukalianuk) - l'Association inuit du Keewatin (le président Peter Ernerk) - la Makivik Corporation (le vice-président Mark Gordon). Partout, le projet considéré a reçu un encouragement chaleureux.

## 2. AVANTAGES DE LA PRÉFABRICATION

Le concept de la préfabrication ou du kit apporte des avantages au niveau de l'étude, de la fabrication et de la vente, sans exclure la possibilité de vendre des véhicules complets sur demande; ces avantages sont les suivants:

1. Choix des équipements facultatifs adaptés aux besoins des clients et à leur environnement particulier.

2. Remplacement aisé des pièces, prolongeant de la sorte la durée de vie du véhicule.

3. Coût d'acquisition moindre pour le client capable de faire lui-même l'assemblage des pièces.

4. Possibilité accrue de transférer la fabrication de certaines pièces du sud vers le nord.

5. Application des commentaires reçus des clients concernant le comportement d'un organe, en vue d'améliorer ce dernier.

6. Mise en marché sans intermédiaire, d'où réduction du prix au détail.

7. Possibilité de ventes clé en mains pour ceux qui préfèrent acquérir des véhicules finis plus évolués.

Le marché du préfabriqué à monter soi-même, ou kit, est florissant tant en Europe qu'aux États-Unis. La clientèle, petite mais bien visible, est faite d'adeptes bien informés et méticuleux, sachant ce qu'ils veulent et en mesure de procéder eux-mêmes à l'assemblage, ce qui leur permet de court-circuiter les concessionnaires et leurs services d'après-vente.

Cette industrie du préfabriqué a vu son essor amplifié par les progrès techniques qu'elle a pu réaliser dans le domaine de la production petite série, et de celui des essais de prototypes, sans sacrifier l'économie des moyens et la qualité du produit. Ce sont ces mêmes techniques de pointe qui ont fini par être adoptées en fabrication grande série, notamment dans le domaine des matériaux composites et de l'aérodynamique.

L'idée du kit qui a si bien réussi en automobile et en aviation peut être mise à profit pour l'application

envisagée, c'est-à-dire la motoneige arctique. Spécifiquement, un kit est formé de pièces préfabriquées qui, montées sur place, formeront le véhicule fini. Souvent, le fabricant proposera deux kits ou plus pour un modèle donné, différant les uns des autres par le degré de complexité du montage et, bien sûr, par le coût. Un kit reviendra donc à un prix d'autant meilleur que le client sera capable d'en assurer le montage.

Les pièces peuvent provenir de deux sources: la fabrication petite série à contrat quand elle est rentable et le marché des pièces standard quand elle ne l'est pas. Une autre possibilité est que le spécialiste du kit se lance dans la fabrication de certaines pièces. Une telle possibilité est d'autant plus envisageable que c'est là un des objectifs poursuivis dans le cas de la motoneige arctique.

Un exemple à citer, en l'occurrence, c'est la compagnie Carl Heald Inc. qui vend des tricycles motorisés et de petits outils aratoires sous forme de kits. La figure 1 montre la page du catalogue Carl Heald concernant le tricyle qui, d'ailleurs, ressemble d'assez près à celui qui se vend très bien maintenant dans les régions arctiques du Canada. Carl Heald ne s'occupe pas de fabrication, mais achète sur le marché ou s'approvisionne chez 23 sous-traitants aux États-Unis. Cette compagnie ne fait que deux choses: rassembler et expédier les kits - étudier de nouveaux produits ou organes de produits.

Les spécialistes du kit doivent faire face à deux contraintes en particulier: d'abord, celle des approvisionnements (moteurs, transmissions et systèmes électroniques) ensuite, celle du prix de fabrication petite série.

En revanche, le marché du kit l'emporte sur celui de la production série dans deux cas précis. D'abord, celui des équipements facultatifs ou nouveaux. Ils peuvent être proposés sans engagement préalable relatif à la fabrication interne ou à contrat, ce qui constitue une étude de marché à bon compte. Ensuite, la cadence de production est aisément adaptable à la demande, surtout si le procédé de fabrication ne fait pas appel à l'automatisation.

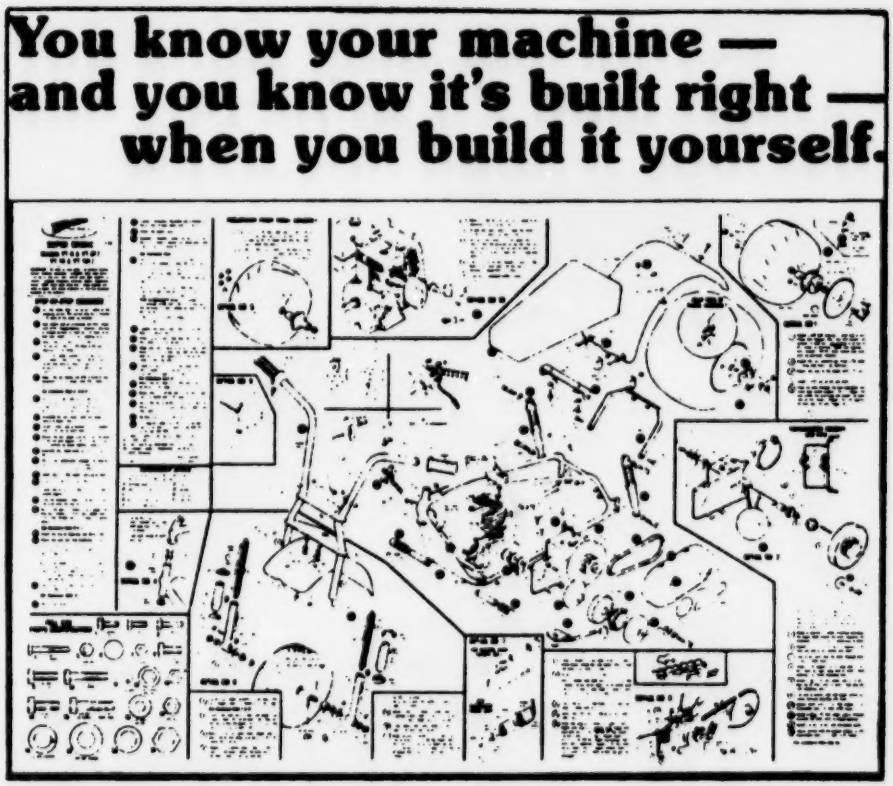



Figure 1 Exemple de kit (page extraite du catalogue Carl Heald)

## 3. ÉTUDE DE BASE

La motoneige envisagée aura une puissance de traction supérieure aux engins courants, sera plus lente qu'eux, mais consommera moins. Quant à sa flottabilité, elle ne sera que de courte durée, si jamais la glace cédait sous son poids. Un critère qui n'a pas été quantifié dans le tableau ci-dessous est celui de la réduction des facteurs de fatigue et d'inconfort pour le conducteur. La forme et le carénage de la cabine doivent réduire le niveau sonore au minimum, tandis que le pare-brise doit protéger le conducteur à l'avant et sur les côtés. Enfin, la selle et la colonne de direction doivent être de hauteur réglable.

| | |
|---|---|
| Poids à vide . . . . . | 175 kg (385 lb) |
| Poids du komatic remorqué . | 1000 kg (2200 lb) |
| Niveau sonore (conducteur) . | 85 dB (A) maximum |
| Consommation à vide . . . . | 10 litres aux 100 km (27 mi/gal) |
| Vitesse de croisière . . . . | 50 km/h (30 mi/h) |
| Vitesse maximum . . . . . | 90 km/h (55 mi/h) |
| Flottabilité . . . . . | courte durée |
| Plage des températures . . . | -50° à +15°C (-60 à +60°F) |
| Prix maximum . . . . . | $3 500 f.o.b. Montréal |

Tableau 1 Spécifications préliminaires

Un des premiers paramètres abordés a été celui de l'architecture du véhicule et des matériaux à employer. Dans l'optique d'une fabrication manuelle, le choix se limitait aux matériaux composites moulés ou à l'acier tubulaire mécano-soudé. Bien que les premiers autorisent des formes assez complexes, leurs performances dans les conditions climatiques de l'Arctique demeurent encore indéterminées, surtout après une réparation.

La simplicité et la possibilité de faire appel à des techniques de fabrication éprouvées ont fait que le choix s'est finalement arrêté sur le châssis en acier tubulaire mécano-soudé (voir la figure 2). Dans ce schéma, l'élément avant qui renferme le moteur sera assemblé par boulonnage à l'élément central comportant les chenilles. Un élément arrière peut être ajouté pour augmenter l'espace utile prévu.

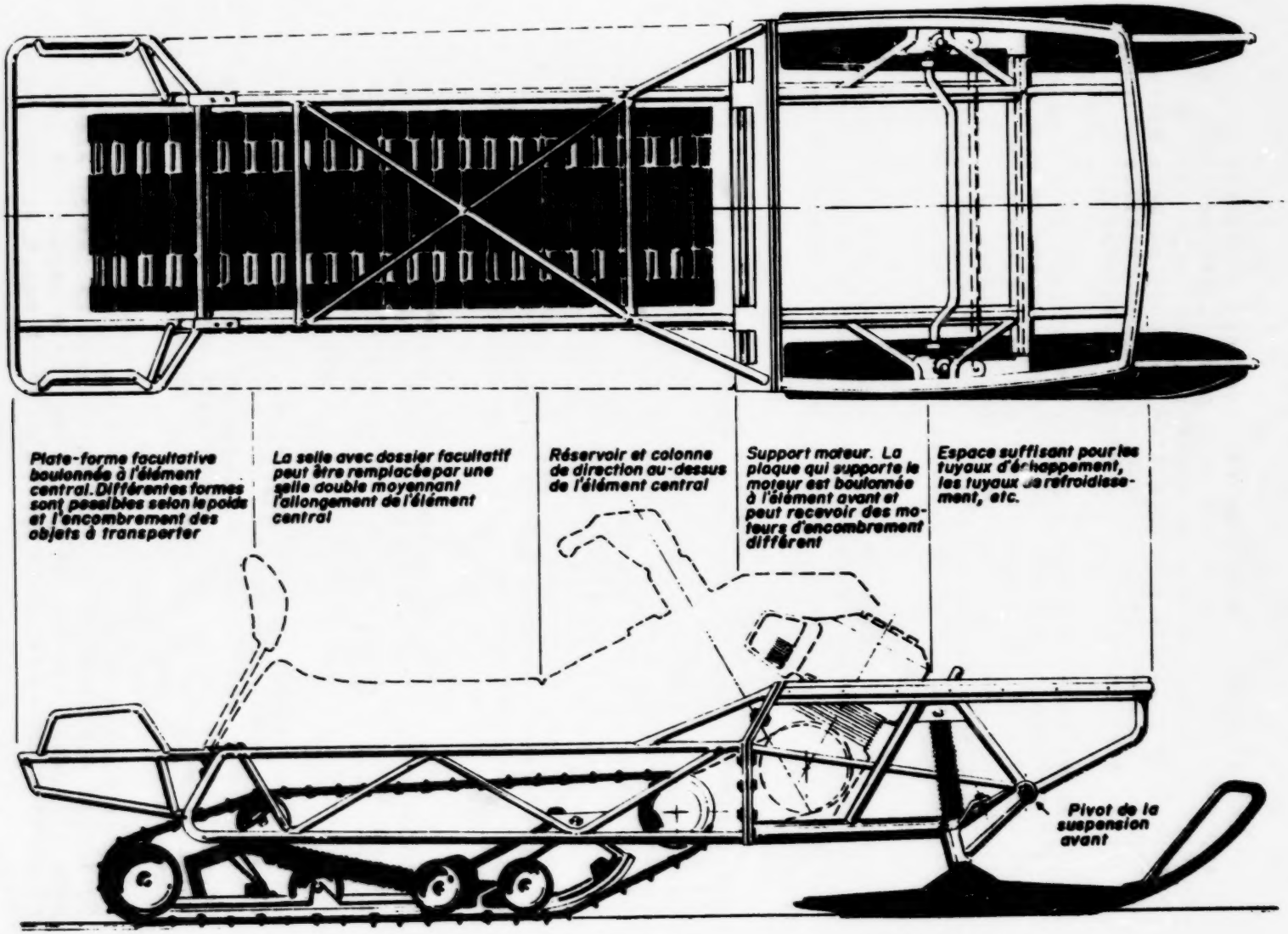


Plate-forme facultative boulonnée à l'élément central. Différentes formes sont possibles selon le poids et l'encombrement des objets à transporter
La selle avec dossier facultatif peut être remplacée par une selle double moyennant l'allongement de l'élément central
Réservoir et colonne de direction au-dessus de l'élément central
Support moteur. La plaque qui supporte le moteur est boulonnée à l'élément avant et peut recevoir des moteurs d'encombrement différent
Espace suffisant pour les tuyaux d'échappement, les tuyaux de refroidissement, etc.
Pivot de la suspension avant

Figure 2 L'élément de base: le châssis

**ÉLÉMENT ARRIÈRE**

Dimensionné en fonction du chargement type à transporter

**ÉLÉMENT CENTRAL**

Châssis en acier tubulaire, réalisable en différentes longueurs pour l'adapter à la longueur de la chenille. Son centre de gravité bas autorise une stabilité accrue et une réduction de poids sans sacrifier la robustesse

**ÉLÉMENT AVANT**

Cet élément peut varier en longueur pour recevoir des moteurs d'encombrement différent

Un tel schéma permet de réaliser des variantes et d'apporter des améliorations sans pour autant modifier le concept de base. Ainsi, un élément avant comportant un moteur plus puissant pourrait être boulonné au même élément central. De même, celui-ci comportant une chenille allongée pourrait être adapté à un élément avant standard.

Les montages à prévoir pour l'assemblage sont simples et économiques à réaliser, facilitant d'autant le transfert éventuel des fabrications vers l'économie autochtone. Qui plus est, le châssis envisagé pourrait aisément être réparé avec les moyens et les techniques dont disposent déjà plusieurs communautés autochtones.

La figure 3 montre la composition éventuelle du kit qui serait livré à la clientèle, certains éléments comme la chenille ou l'ensemble capot/pare-brise/tableau de bord pouvant être, au besoin, décomposés en sous-ensembles encore plus petits.

Étant donné que le châssis métallique constitue la charpente du véhicule et lui confère la résistance voulue, il est possible dans ce cas de réaliser les éléments de la carrosserie en matériaux composites et de les assembler par boulonnage. La forme et la nature de la carrosserie seront déterminées dans une grande mesure par le besoin de prévoir une certaine flottabilité. Pour cela, il faudra exploiter au maximum la flottabilité inhérente aux matériaux utilisés et adopter une carrosserie aussi enveloppante que possible. Les projeteurs ont opté contre l'emploi de joints d'étanchéité car ces derniers ne pourraient résister aux conditions climatiques.

Au départ, une chenille double avait été sérieusement considérée pour améliorer la tenue de route et réduire les pertes de puissance; mais, dans l'intérêt de la simplification, une chenille simple a été retenue sans pour autant préjuger d'une chenille double, à l'avenir.

Une autre option considérée, mais également remise à plus tard, a été l'adoption d'une boîte de vitesse à 2 rapports en aval de la transmission classique qui est à rapport variable, la première vitesse étant prévue pour les fortes charges et la deuxième pour une vitesse de croisière élevée sans remorque.

L'adoption de roues ballons au lieu des skis a également été abandonnée pour l'instant, celles-ci étant plus efficaces sur une neige durcie, mais perdant de leur efficacité dans une neige le moindrement molle et profonde.

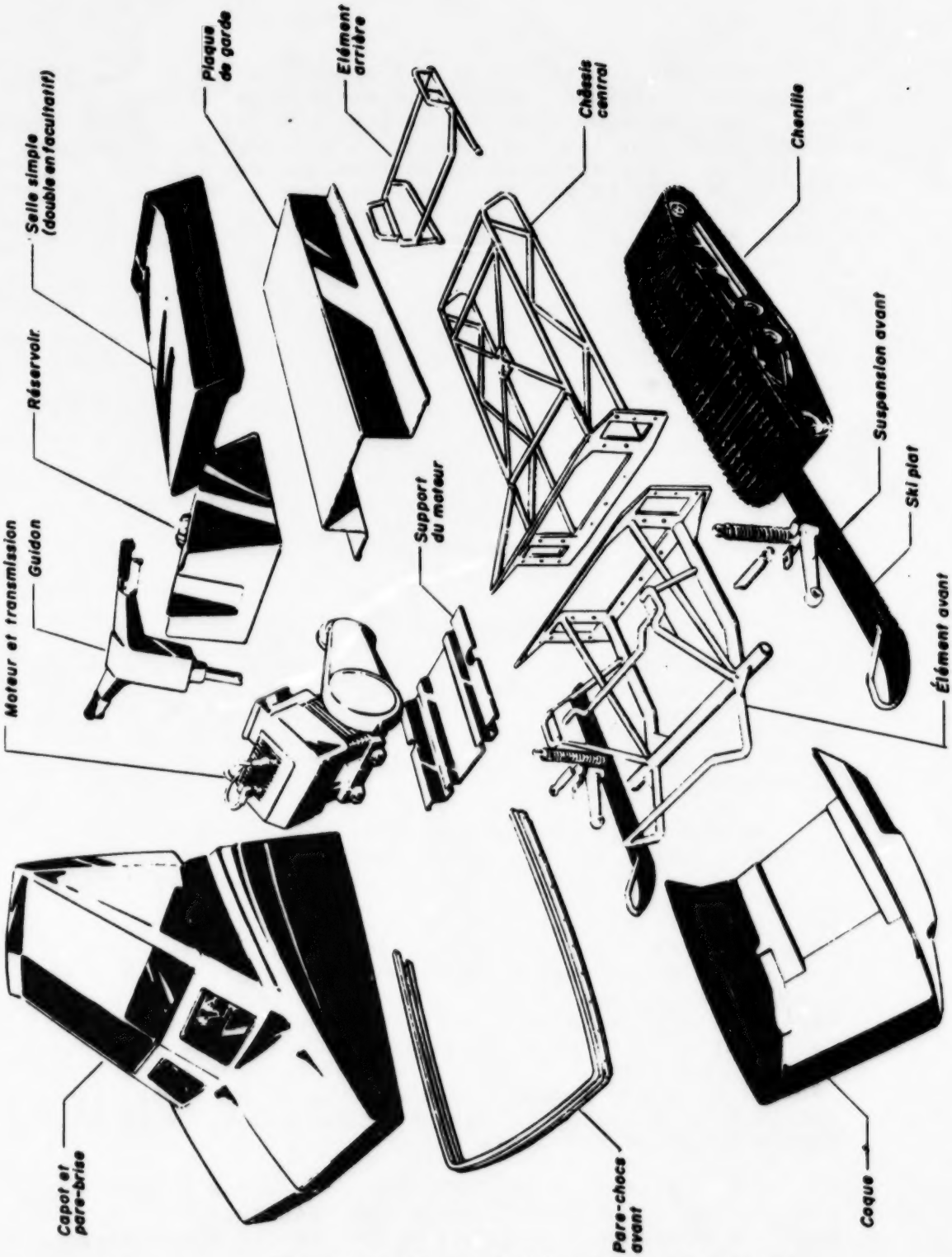



Figure 3 Vue éclatée de la motoneige

La direction et les skis s'apparenteront à ceux d'une motoneige classique. Une seule différence, pourtant: la suspension sera du type à bras longitudinal oscillant comme le montrent les figures 1 et 2. Son principe est semblable à celui de la suspension Macpherson qui est à jambe élastique. En raison des conditions de service prévues, ce type de suspension a été jugé plus robuste que la suspension classique conçue en fonction de pistes bien dégagées et bien entretenues.

Les décisions de remettre à plus tard l'étude d'une chenille double, de pneus ballons et d'une boîte de vitesses ont été prises compte tenu que l'objectif principal du projet était de démontrer que, dans la pratique, un véhicule utilitaire pouvait être construit en faisant appel à des techniques éprouvées et à une main-d'oeuvre existante. Une fois la preuve faite, il sera toujours possible de perfectionner l'engin. Un modèle trop ambitieux dès le départ aurait risqué de compromettre le projet dans son ensemble. De plus, ne serait-il pas plus utile de connaître d'abord les performances réelles de l'engin avant de commencer à le perfectionner?

La recherche a porté ensuite sur les caractéristiques générales des moteurs à deux et à quatre temps pouvant équiper la motoneige. Les avantages du moteur à 4 temps sont l'économie, la durabilité et le faible niveau de bruit. À ces avantages, le moteur à 2 temps oppose une meilleure puissance massique et un démarrage plus facile par temps froid; ce dernier critère est d'ailleurs la principale raison du choix d'un 2 temps plutôt que d'un 4 temps.

En effet, les projeteurs ont fini par opter pour un moteur 2 temps, 400 cc, fournissant 35 Hp à 6 000 tr/min. Huit moteurs répondant à ces critères ont été envisagés. Deux, de marque Hirth et Skidaddle, qui n'équipent plus les motoneiges et risquent donc d'être trop chers à acheter et à adapter. Trois moteurs japonais, Yamaha, Fuji et Suzuki, construits pour diverses marques de motoneiges, mais dont l'approvisionnement risque d'être irrégulier. Le moteur Kawasaki, utilisé aussi dans les engins John Deere (acquis par Polaris) mais dont on ne peut garantir l'approvisionnement à coup sûr. Le moteur de fabrication autrichienne (Rotax) mais que Bombardier s'est engagé à ne pas livrer aux autres fabricants de motoneiges. Et, enfin, le moteur Cuyuna fabriqué aux États-Unis.

Une visite à la Cuyuna Engine Company a débouché sur une proposition très intéressante: 560 $U.S. par moteur pour une commande d'au moins mille, chacun étant livré avec démarreur à rappel, allumeur électronique (CDI), silencieux

d'admission, carburateur, pompe d'alimentation, échappement et ventilateur de refroidissement. Pour ce qui concerne la lubrification, elle se ferait non pas par injection directe, mais par mélange essence-huile.

La figure 4 donne les spécifications du modèle ULII-02 choisi qui est une version améliorée du moteur équipant les anciennes motoneiges Scorpion. Les caractéristiques dimensionnelles de base n'ayant pas changé, ce modèle se monte facilement sur le châssis illustré en page 7. La courbe couple-régime a toutefois été aplatie, de manière à améliorer l'effort de traction dans toute la gamme des puissances développées. Sa puissance maximale est plus faible que la version 440 pour une durabilité du moteur et un rendement énergétique améliorés.

La compagnie Cuyuna fabrique aussi un monocylindre 25 Hp et une version allégée de l'ULII-02, mais développant 43 Hp, destinée à la propulsion des avions ultra-légers. La possibilité existe donc de pouvoir un jour choisir une motoneige, soit plus économique, soit plus puissante que le modèle de base. Les moteurs Cuyuna équipent actuellement près de la moitié des U.L.M., de sorte qu'il est possible de considérer ce fournisseur comme le plus sûr parmi tous ceux envisagés.

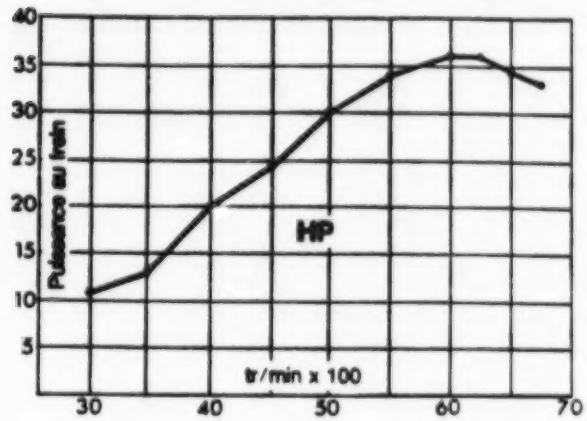
Néanmoins, nous n'avons pas voulu écarter définitivement l'option d'un moteur 4 temps qui serait offert en facultatif. Il se fait aujourd'hui un gros effort de recherche visant à adapter ce type de moteur aux besoins des U.L.M., effort dont la motoneige ne manquera pas de bénéficier. Il a donc été décidé de prévoir des essais de prototype équipé d'un moteur 4 temps pour en déterminer les performances et pour expérimenter diverses méthodes de démarrage par temps froid.

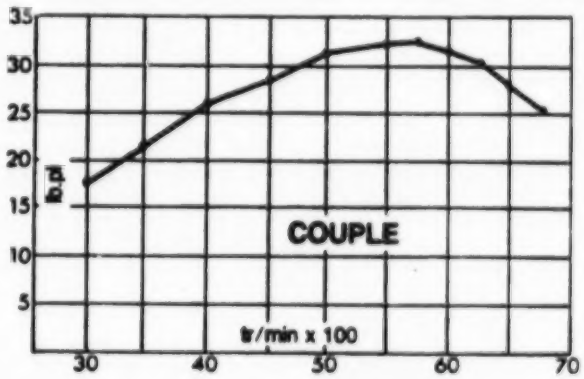
## FICHE TECHNIQUE
## (MOTEUR STANDARD)

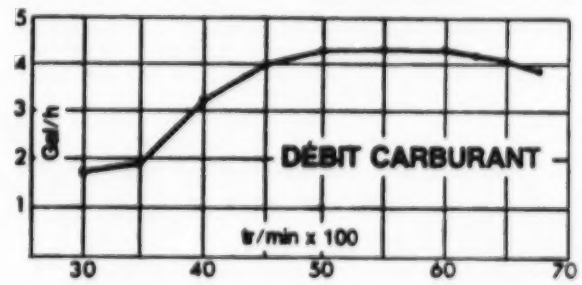
| | |
|---|---|
| **Modèle** | ULII-02 |
| **Nombre de cylindres** | 2 |
| **Alésage** | 2.658 po |
| **Course** | 2.362 po |
| **Cylindrée** | 428 cc |
| **Taux de compression** | 12.5:1 |
| **Puissance au frein** | 35 Hp à 6250 tr/min |
| **Filetage du trou du support** | 7/16" - 14 UNC |
| **Bloc-cylindres** | Aluminium, chemise en fonte |
| **Tête de bielle** | À aiguilles |
| **Coussinet de tête de bielle** | À aiguilles |
| **Coussinet de pied de bielle** | Acier forgé |
| **Paliers de vilebrequin** | Roulem[illegible] 2 rangées de billes, c[illegible] de force |
| **Nombre de paliers** | 4 |
| **Allumage** | Électronique |
| **Bobine d'allumage** | 12 V, 150 W c.a. |
| **Avance à l'allumage** | 18° .070" — .078" |
| **Bougie** | 14 x 1,25 mm portée 3/4" |
| **Écartement** | .016" à .020" |
| **Marque** | Champion N3C ou NGK BR8ES |
| **Refroidissement** | Ventilateur à écoulement axial |
| **Rotation** | Anti-horaire vu du côté de la prise de force |
| **Mélange huile/carburant** | 40:1 (1 chopine d'huile pour 5 gallons d'essence) |
| **Lubrification** | Essence ordinaire avec huile à moteur pour moteur Cuyuna 2 temps |
| **Démarreur** | À rappel, standard |
| **Poids** | 58 lb |

*SUSCEPTIBLES DE CHANGEMENT SANS PRÉAVIS*

## COURBES CARACTÉRISTIQUES




Essais moteur faits conformément à la norme SAE J807 [illegible] le circuit d'échappement et de carburation Cuyuna standard. Ces courbes données à titre indicatif, correspondent à une marche tantôt à plein régime tantôt à régime partiel

## EN FACULTATIF

Huile Cuyuna
Démarreur électrique (Modèle R-Twin)
Ventilateur à écoulement inversé
Circuit d'échappement et de carburation
Régulateur de courant
Régulateur/redresseur

Figure 4 Fiche technique du moteur Cuyuna ULII-02

## 4. FABRICATION ET MISE EN MARCHÉ

La figure 5 montre un des rendus possibles de l'engin en prenant comme base les figures 2 et 3. D'autres architectures ont été étudiées, illustrées et proposées aux éventuels utilisateurs. Une carrosserie radicalement différente (figure 6) est illustrée en page 16. La forme de la carrosserie ne sera abordée qu'après les essais sur le comportement du prototype.

Le prix de revient d'un engin fini a été estimé à 3 000 $ pour une série de 1000 unités; en kit, il coûterait environ 2 700 $. Le coût de main-d'oeuvre, fabrication et assemblage, s'établirait autour de 800 $, soit 26 p.cent du prix total, dont bénéficierait l'économie autochtone lorsque la fabrication aura été transférée.

Les frais d'expédition alourdiront de façon sensible le prix de revient des motoneiges, surtout si elles sont acheminées par avion plutôt que par bateau. Il faudrait prévoir une très importante avance de fonds pour que, dans le cas du transfert de la fabrication vers le nord, le transport se fasse par bateau, beaucoup moins onéreux. C'est d'ailleurs là un aspect très important lorsqu'on en viendra à déterminer les points de chute possibles pour une fabrication autochtone.

Pour la vente de kits ou de produits finis, une mise en marché sans intermédiaire est suggérée, semblable à celle adoptée par la plupart des fabricants de produits en kits. Dans le cas du Nord canadien, le réseau formé par les centres d'information et leurs filières constitue le moyen idéal par le truchement duquel se feraient la publicité et l'inscription des commandes.

La fourniture des pièces de rechange qui ne seraient pas commandées par la poste pourrait être assurée par les points de vente au détail existants. C'est là une possibilité envisagée lors des discussions avec la direction d'Arctic Cooperatives Ltd, laquelle regroupe les coopératives desservant les territoires du Nord-Ouest. Une autre possibilité serait d'utiliser le réseau formé par les associations de chasse et de pêche qui exploitent des ateliers de réparation pour motoneiges.

D'autres possibilités de fabrication et de mise en marché pourront être évoquées lorsque les performances réelles de l'engin auront été déterminées par les essais. Quant au processus du transfert de la fabrication vers le

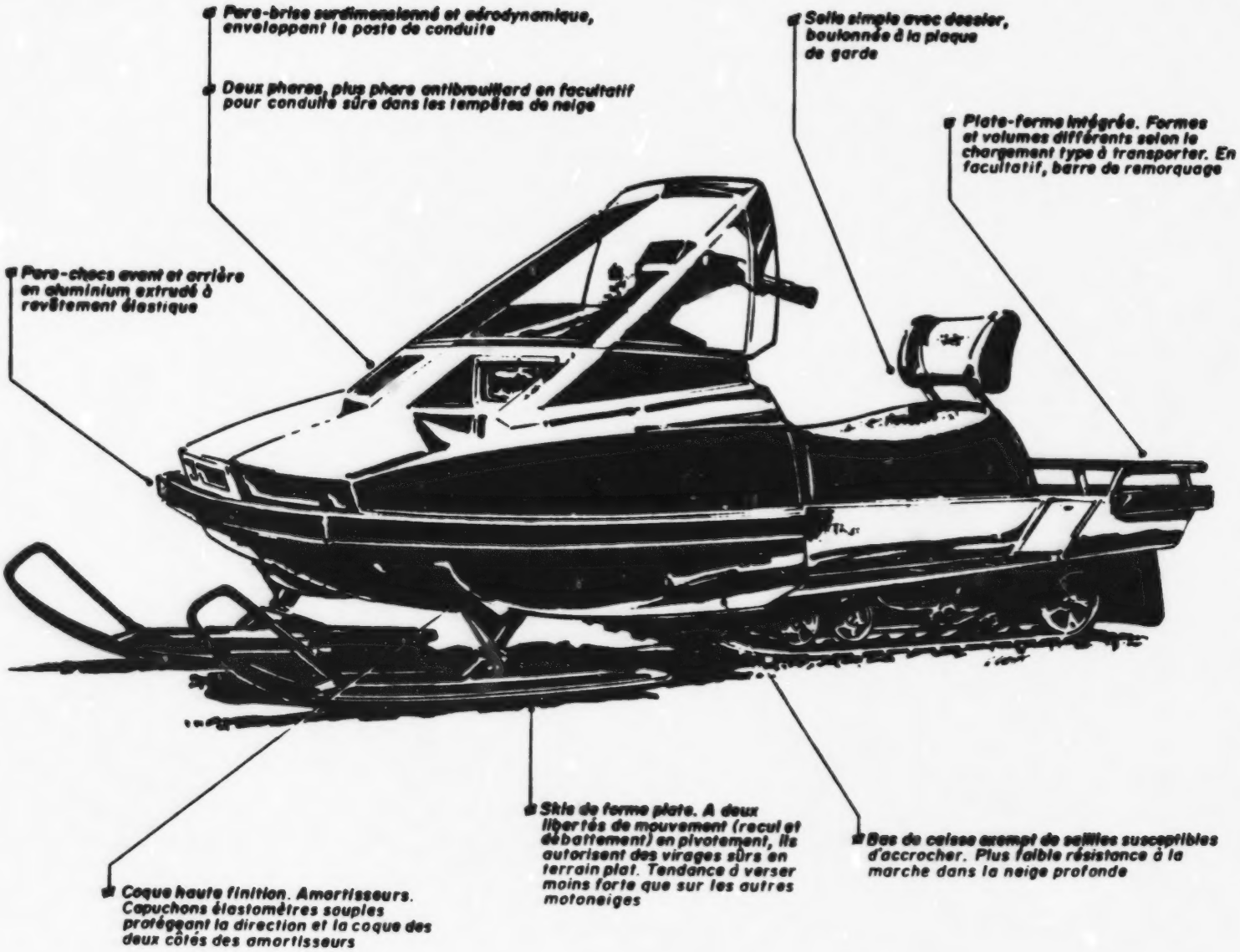

Pare-brise surdimensionné et aérodynamique, enveloppant le poste de conduite
Deux phares, plus phare antibrouillard en facultatif pour conduite sûre dans les tempêtes de neige
Selle simple avec dossier, boulonnée à la plaque de garde
Plate-forme intégrée. Formes et volumes différents selon le chargement type à transporter. En facultatif, barre de remorquage
Pare-chocs avant et arrière en aluminium extrudé à revêtement élastique
Coque haute finition. Amortisseurs. Capuchons élastomètres souples protégeant la direction et la coque des deux côtés des amortisseurs
Skis de forme plate. A deux libertés de mouvement (recul et débattement) en pivotement, ils autorisent des virages sûrs en terrain plat. Tendance à verser moins forte que sur les autres motoneiges
Bas de caisse exempt de saillies susceptibles d'accrocher. Plus faible résistance à la marche dans la neige profonde

Figure 5 Rendu artistique de la motoneige

nord, il devra se plier à un programme formé des opérations suivantes: choix des points de chute, élaboration et mise au point des procédures de fabrication et d'assemblage avant le transfert, formation de la main-d'oeuvre et transfert progressif des outillages de fabrication à mesure que la main-d'oeuvre devient de plus en plus qualifiée et que le programme approche le seuil de la rentabilité.

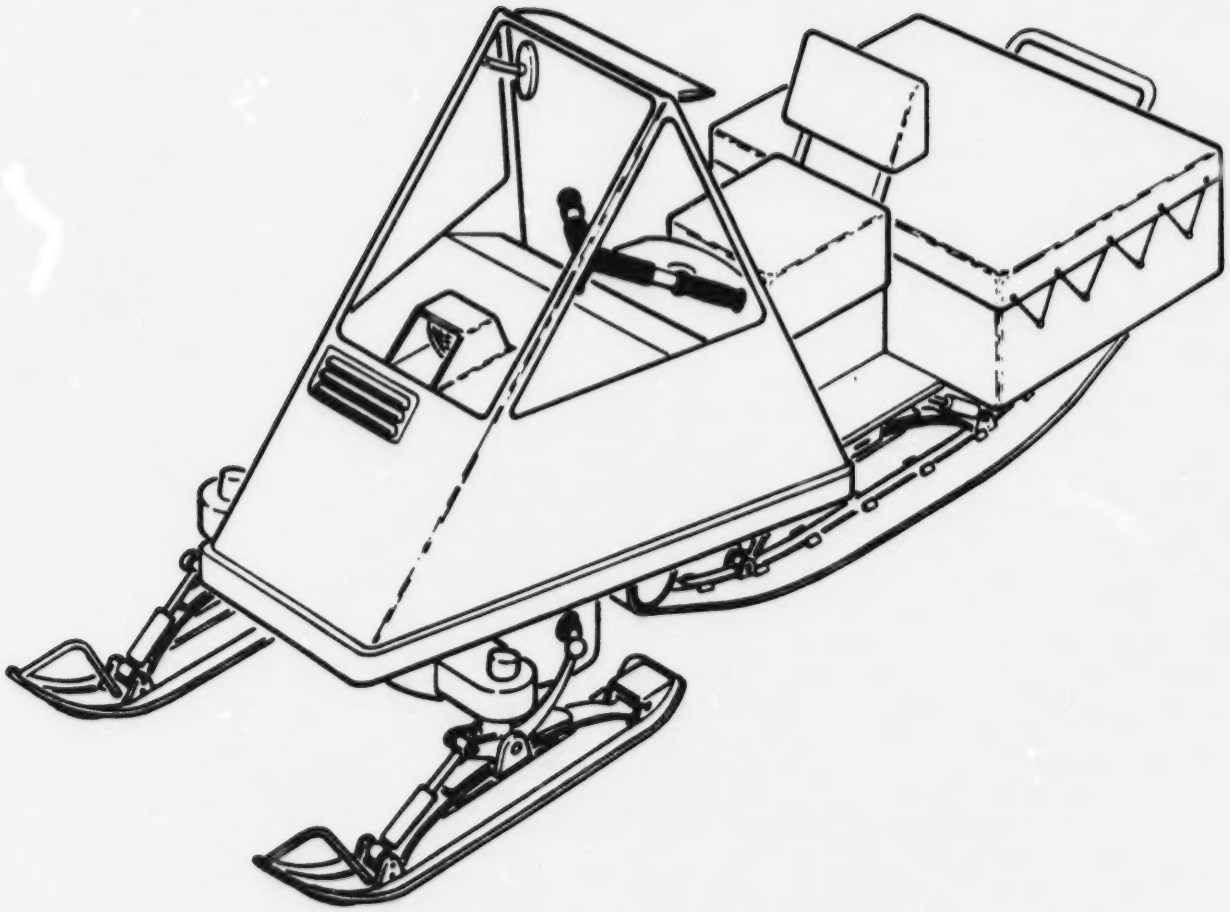


Figure 6 Carrosserie de forme radicalement différente

## 5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

### Conclusions

1) Il est possible de fabriquer une motoneige utilitaire type arctique avec des pièces et des organes achetés sur le marché ou réalisés en fabrication petite série, et de la vendre à un prix soutenant la concurrence des motoneiges actuelles dites utilitaires.

2) Il est possible qu'une forte proportion des pièces et des organes de fabrication petite série puisse être prise en charge par la population autochtone, mettant en oeuvre des techniques de production relativement peu évoluées.

3) Même si le transfert de la fabrication du sud vers le nord ne se traduisait pas par une réduction du prix de vente au détail, c'est l'ensemble de la population autochtone qui en profiterait par la création des emplois et par les retombées économiques qui en découleraient.

4) Le choix d'une fabrication axée sur la main-d'oeuvre et non sur la mécanisation permettra d'apporter des perfectionnements à l'engin de base qui pourra ainsi évoluer sans qu'il soit nécessaire de consentir des fonds importants à ce chapitre.

5) Il sera plus important, au début du programme, de vérifier les avantages réels du mode de fabrication préconisé que de chercher à apporter des perfectionnements. Ceux-ci devront attendre que ce mode de fabrication ait fait ses preuves.

### Recommandations

1) Passer au stade suivant qui est celui de la réalisation et des essais de deux prototypes construits d'après les spécifications mentionnées dans le présent rapport, et illustrés dans ces pages. Ces prototypes devront comporter les caractéristiques particulières préconisées qui les distinguent des autres motoneiges, c'est-à-dire: un certain degré de flottabilité, un châssis en acier tubulaire, une suspension avant à bras longitudinal oscillant et un moteur 2 temps ou, en facultatif, un moteur 4 temps.

2) Procéder aux essais sur terrain dans la communauté de Kangiqsualluujjuac, Nouveau-Québec, pour répondre à l'invitation faite par les chasseurs de cette région.

Centre de développement
des transports
1000 o., rue Sherbrooke
Suite 2421
Montréal, Québec
H3A 2R3
Télex 05-24713

Transportation
Development Centre
1000 Sherbrooke St. W.
Suite 2421
Montreal, Quebec
H3A 2R3
Telex 05-24713